

道路環境ファクターを考慮したカーブ発見の認知特性に関する研究

Cognitive characteristic of driver's curve detection in terms of road environmental factor

鈴木健太* 萩原亨** 加賀屋誠一*** 大沼秀次****
Suzuki Kenta Hagiwara Toru Kagaya Seiichi Onuma Hidetugu

1. はじめに

ドライバーは運転時、常に視覚情報を取り入れながら運転をしている。視覚情報を取り入れることによって道路形状や信号などに対応し走行している。本研究では、山間部においてドライバーがどのようにカーブという視覚情報を取り入れているかについて分析した。

山間部においてドライバーが運転時に取り入れることのできる情報には、道路自体の形状、ガードレール・電柱・標識などの構造物、山・谷などの道路周辺に現れる背景がある。ガードレールや電柱、標識などの構造物による景観情報を構造物景観とし、構造物景観を除いた道路自体の形状と背景を形状景観とする。また、構造物景観、形状景観といった景観情報だけではなく、その景観情報から道路空間の連続性を認知してカーブ発見のための情報として取り入れている可能性もある。構造物景観や形状景観や連続性などの運転時に取り入れる情報源をまとめて道路環境ファクターと定義した。本研究では複数のカーブのカーブ発見地点を相対的に比較可能とする指標を提案し、道路環境ファクターがどのようにカーブ発見の認知に関わっているのかを解明する。

2. 視認距離測定実験

(1) 実験区間と被験者

1998年11月6～14日にかけて、国道453号線・支笏湖線で計測装置及びビデオカメラを乗せた車輛(AT車)を用いて実走行を行った。区間は山間部になっており、多くの上り・下りの縦断勾配があり、曲率半径の小さいカーブが連続する。

昼間と夜間を調査対象とし、被験者は年齢24～56歳、運転暦1～36年、男20人女3人の計23人で、昼間11人、夜間12人であった。各被験者は調査区間を1往復し、昼間、夜間に関わらず走行回数は1回とした。被験者は、カーブ発見時にハンドルに装着されたボタンを押した。

(2) 測定対象カーブ

表1は調査対象としたカーブの特徴である。「曲折方向の見通し状況」とは目的カーブが現れた瞬間に曲折方向が見通せるか否かを表わしている。図1は曲折方向は見通せるケースを示している。「背景」とは道路延長方向の山並みなどを意味している。道路延長方向とは図2の斜線部で示された部分である。

表1 調査対象カーブの特徴

カーブ	形状景観 曲折方向 の見通し 状況	形状景観 背景	構造物 景観 ガード レール	構造物 景観 電柱・ 外灯	構造物景観 シェブロン	
					大	小
1	困難	困難	あり	1本	0	0
2	困難	困難	あり	多数	2	0
3	困難	困難	なし	なし	0	0
4	困難	容易	なし	なし	0	0
5	容易	容易	なし	なし	0	0
6	困難	困難	あり	多数	2	2
7	困難	容易	なし	多数	0	0
8	容易	容易	あり	多数	1	4
9	容易	容易	あり	2本	1	0
10	容易	容易	なし	1本	0	0
11	困難	困難	あり	多数	4	0
12	容易	容易	あり	多数	3	0
13	困難	困難	あり	多数	0	0
14	困難	容易	あり	多数	1	0
15	容易	容易	あり	多数	2	0
16	困難	困難	なし	なし	0	0
17	困難	困難	あり	多数	1	0
18	容易	容易	あり	多数	2	3
19	困難	容易	あり	なし	2	0
20	容易	容易	あり	多数	4	0
21	容易	容易	あり	多数	0	0

Key Words: 空間整備・設計、イメージ分析

* 学生員 北海道大学大学院工学研究科・都市環境工学専攻

** 正員 北海道大学大学院工学研究科・都市環境工学専攻

*** 正員 北海道大学大学院工学研究科・都市環境工学専攻

**** 正員 開発局開発土木研究所・道路部

(060-8628 札幌市北区北13条西8丁目、Tel:011-706-6214

Fax:011-726-2296、E-mail:hagiwara@eng.hokudai.ac.jp)

道路延長方向にある背景が左右どちら側のサイドに位置しているのかで曲折方向を判断している。道路延長方向に現れる「背景」が右側延長サイドであれば左カーブ、「背景」が左側延長サイドであれば右カーブである。図2は道路延長方向が右側延長サイドとなっている。このことから左カーブと判断できる。

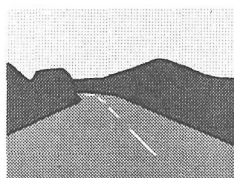


図1 見通せるカーブ

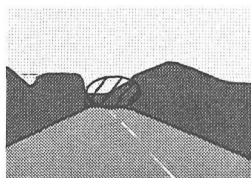


図2 見通せないカーブ

(3) カーブ発見の定義

本研究におけるカーブ発見とは予測ではなく、ドライバーが実際のカーブの曲折方向を判定できた時点とする。カーブ発見は道路の形状景観および構造物景観からの視覚情報によるものと定義し、警戒標識によるカーブ発見は除くものとする。警戒標識によるカーブ発見は予測であり、実際に現れるカーブを把握してはいない。

図3は警戒標識により次のカーブが左に曲がっていると認識できる例である。これは定義するカーブ発見ではない。

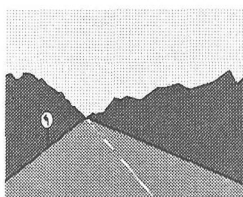


図3 標識による発見

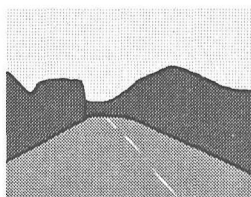


図4 形状による発見

(4) 実験手順

本実験は、はじめに被験者に集合してもらい本実験の内容について説明をした。また反応テストの説明をした。反応テストはカーブを発見してからボタンを押すまでのタイムラグを考慮するためのもので

ある。

被験者がカーブ発見時に押すボタンは、できる限りタイムロスを小さくするために、ハンドルを握っている状態を保持してボタンを押せるようにセッティングした。

3. データ解析に用いるカーブ発見の特性を表す指標の提案

複数のカーブにおける発見地点を相対的に比較可能とする数量的な指標が必要である。本研究ではその指標として、カーブ発見遅れ指数を提案する。

(1) カーブ発見距離と見通し距離の定義

カーブ発見の特性を表すカーブ発見遅れ指数を求めるにあたって必要とされるカーブ発見距離と見通し距離を求めた。例として図5のカーブ番号21を用いてカーブ発見距離と見通し距離を説明する。

- a)カーブ発見地点：被験者がカーブを発見してボタンを押した地点。
- b)目的カーブ：被験者に発見してもらうカーブ。
- c)見通し地点：ドライバーの視界から目的カーブを捕らえうる瞬間の地点。(図6参照)
- d)カーブ発見距離：見通し地点からカーブ発見地点までの距離。目的カーブを視認可能な地点からボタンを押すまでに進んだ距離。
- e)見通し距離：見通し地点から目的カーブの Begin of curve までの距離。

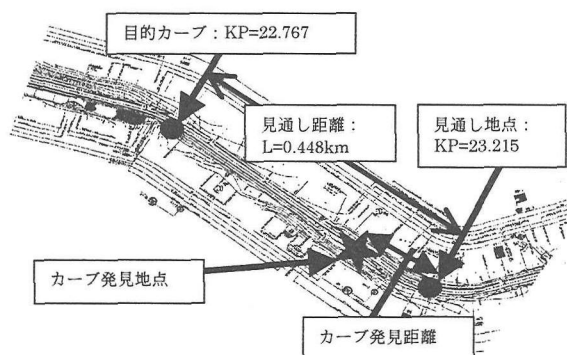


図5 カーブ発見距離と見通し距離



図6 見通し地点状況図

(2)カーブ発見遅れ指数

複数の異なるカーブのカーブ発見地点を相対的に比較可能とするのがカーブ発見遅れ指数である。カーブ発見距離だけを用いてカーブ発見距離を相対的に比較することは、それぞれ異なる直線区間距離の影響が出てしまう。そのために見通し距離で除することによって相対的な比較を可能とする。カーブ発見遅れ指数を以下のように定義した。

$$\text{カーブ発見遅れ指数} = \frac{\text{カーブ発見距離}}{\text{見通し距離}}$$

0 に近づけば近づくほど発見の早いカーブ

1 に近づけば近づくほど発見の遅いカーブ

(3) カーブ発見遅れ指数の標準偏差

カーブ発見の特性を数量的に示すものとしてカーブ発見地点のバラツキ度合がある。例えば、あるカーブにおいて目的カーブの曲折方向が目立つ景観によって示されている場合、複数の被験者による発見距離のバラツキは小さいと考えられる。逆に曲折方向を示すような明確な景観がないようなカーブでは、被験者による発見距離のバラツキは大きなものになってしまうと考えられる。

カーブ発見地点のバラツキ度合いを示す値として、カーブ発見遅れ指数の標準偏差を用いた。

4. 実験結果の分析

(1) カーブ発見遅れ指数の平均とカーブ発見遅れ指数の標準偏差の算出結果

各被験者ごとにカーブ発見距離を求め、各カーブのカーブ発見遅れ指数の平均と標準偏差を昼夜別にして求めた結果を表2に示す。

表2 カーブ発見遅れ指数の平均と標準偏差の算出

結果

カーブ	見通し距離	平均		標準偏差	
		昼	夜	昼	夜
1	0.185	0.265	0.399	0.125	0.162
2	0.177	0.317	0.463	0.267	0.097
3	0.210	0.126	0.666	0.071	0.233
4	0.213	0.296	0.721	0.214	0.238
5	0.401	0.088	0.724	0.033	0.258
6	0.368	0.367	0.486	0.085	0.167
7	0.183	0.227	0.476	0.184	0.262
8	0.270	0.070	0.155	0.021	0.080
9	0.256	0.057	0.305	0.049	0.121
10	0.403	0.096	0.844	0.028	0.059
11	0.420	0.155	0.391	0.129	0.342
12	0.303	0.104	0.228	0.039	0.130
13	0.395	0.211	0.647	0.251	0.161
14	0.257	0.074	0.210	0.035	0.216
15	0.164	0.139	0.209	0.072	0.092
16	0.282	0.717	0.814	0.082	0.023
17	0.403	0.273	0.569	0.307	0.224
18	0.270	0.187	0.347	0.050	0.166
19	0.209	0.297	0.482	0.083	0.181
20	0.278	0.089	0.216	0.027	0.174
21	0.448	0.064	0.490	0.024	0.156
平均値	0.290	0.201	0.469	0.104	0.169

平均、標準偏差ともに昼間より夜間のほうが平均的に高い数値を示していた。標準偏差については、カーブ 2,13,16,17 のように昼間より夜間のほうが低いカーブがあった。

(2) クラスタ分析によるカーブ発見特性の分類

個々のカーブの類似性を評価するために、クラスタ分析を用いた。昼間と夜間のカーブ発見遅れ指数の平均、それらの標準偏差の計4つを説明変数として用いた。

クラスタ分析により出力されたデンドログラムを図7に示す。図7の点線で4つに分類されたカーブ属性を言葉で表わした。

(イ) 昼間・夜間共に確認の容易なカーブ

構造物景観、形状景観共に目立ち、昼夜関係なく曲折方向の確認が容易なカーブ

(ロ) 昼間は確認が容易、夜間は困難なカーブ

形状景観は明確であるが、構造物景観による情報が比較的少ない。そのため昼間は曲折方向の確認は容易であるが、夜間は曲折方向の確認が困難なカーブ。

(ハ) 情報は多いが道路自体の形状だけでは確認が困難なカーブ

道路形状からでは曲折方向の確認が困難なカー

ブ。道路周辺景観や構造物景観による情報は比較的多いため、こういった情報を読み取るか否かで被験者により発見距離に差のつくカーブ。

(二) 縦断勾配の影響のため非常に確認の困難なカーブ

縦断勾配の影響により曲折方向の確認が極端に困難なカーブ。

(3) 数量化Ⅰ類によるカーブ発見に与える影響要因の分析

カーブ発見要因の構成要素の影響度を決定するために数量化Ⅰ類を行った。目的変数はカーブ発見遅れ指数とした。表3は説明変数を示している。昼間のカーブ発見遅れ指数を目的変数とした場合最良推定式は以下になった。

$$Y_{\text{遅れ・昼}} = 0.201 - 0.063A_1 + 0.047A_2 - 0.037B_1 + 0.060B_2 - 0.024C_1 + 0.059C_2 - 0.017D_1 + 0.035D_2 + 0.044E_1 - 0.033E_2$$

重相関係数：0.700

偏相関係数：A:0.342,B:0.305,C:0.194,D:0.167,E:0.286

夜間のカーブ発見遅れ指数を目的変数とした場合

$$Y_{\text{遅れ・夜}} = 0.469 + 0.021A_1 - 0.016A_2 - 0.062B_1 + 0.100B_2 - 0.064C_1 + 0.160C_2 - 0.037D_1 + 0.074D_2 + 0.046E_1 - 0.035E_2$$

重相関係数：0.866

偏相関係数：A:0.124,B:0.484,C:0.550,D:0.351,E:0.306

昼間の重相関係数は0.700、夜間の重相関係数は0.866となり、カーブ発見遅れ指数は表3の説明変数によってほぼ決まると言えた。

昼間は説明変数A,Bの形状景観影響が比較的大きくなっていた。夜間は昼間に比べ説明変数C,D,Eの構造物景観の影響が大きくなった。

5. まとめと課題

道路環境ファクターがカーブ発見の認知にどのように影響を与えているかを調べるため、視認距離測定実験をおこない、カーブ発見地点を求めた。本研究では、カーブ発見の特性をあらわす指標としてカーブ発見遅れ指数を提案した。またクラスター分析により、カーブ発見遅れ指数の指標を用いて類似性の高いカーブごとに分類をした。分けられたグループは実際のカーブに見られる特徴が表わされた分類となった。また数量化Ⅰ類により、昼間は構造物

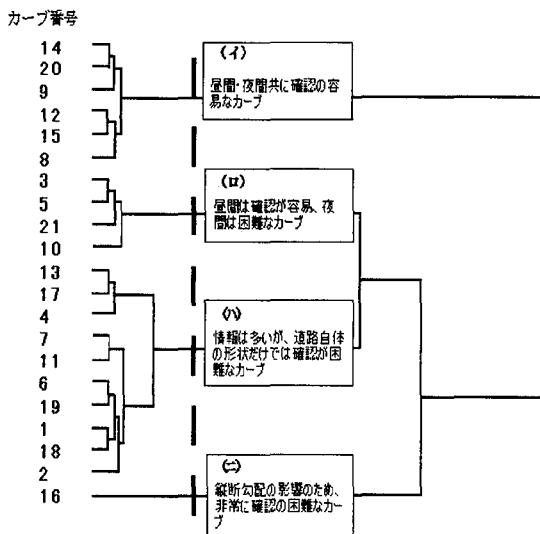


図7 クラスター分析により分類された測定対象カーブ

表3 カーブ発見に与える影響要因

A	形状景観特性	目的カーブ出現時のカーブの曲折方向の見通し状況	A ₁ :容易 A ₂ :困難
B	形状景観特性	道路延長方向にある背景が左右どちら側のサイドに位置するかの確認状況	B ₁ :容易 B ₂ :困難
C	構造物景観特性	ガードレールの有無	C ₁ :あり C ₂ :なし
D	構造物景観特性	電柱・外灯の有無	D ₁ :多数 D ₂ :少数 or なし
E	構造物景観特性	シェブロン等の有無	E ₁ :2個以上 E ₂ :1個以下

景観よりは形状景観、夜間は形状景観よりは構造物景観をカーブ認知の情報として取り入れてカーブを発見する傾向があった。

カーブ発見特性として曲折方向の発見の早いカーブと遅いカーブがある。本研究では曲折方向を示す視覚情報として形状景観と構造物景観に分け、曲折方向の情報の種類がカーブ発見と関係していることを数量的に示すことができた。

今後の課題としては、形状景観特性を容易、困難といった主観的判断で分類した点を、曲率半径、縦断勾配、直線距離、連続性、木などを説明変数として用いることにより数量化した形で表わしていきたい。